جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۱

صص ۱۵-۱

آسیب پذیری خطوط ریلی شمال دشت لوت در مقابل سیلاب

منیژه قهرودی تالی[۱]ـ دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۱۸ تاریخ تصویب:۱۳۹۱/۶/۲۱

چکیده

خطوط راه آهن ایران، بویژه در قلمرو مناطق خشک، از پدیده سیلاب به طور سالانه خسارت می‌بینند. بیشترین خسارات سیل در پل‌های ایجاد شده بر روی آبراهه هاست. دشت لوت ناحیه کم شیب بسیار وسیعی است که از شوره زارهای بزرگ و کوچک پوشیده شده و شبکه راه آهن شرق از شمال آن می‌گذرد. تعداد مسیل‌ها در این منطقه زیاد است؛ بطوری که ۹۳۰ پل جهت عبور رواناب از زیر خطوط راه آهن ساخته شده است، که به دلیل پست بودن منطقه و فراوانی مواد منفصل، آبراهه ها تغییر بستر می‌دهند. از این رو بیشتر پل‌ها در معرض سیلاب و آبگرفتگی هستند. این پژوهش با هدف بررسی آسیب پذیری خطوط ریلی شمال دشت لوت در مقابل سیلاب انجام شده است. منابع داده مورد استفاده در پژوهش شامل داده به هنگام سایت های بین المللی و نقشه های ۱:۲۵۰۰۰، و داده‌های ارتفاعی ASTER با ابعاد پیکسل ۳۰ مترمی باشد. در این پژوهش بر اساس مدل مخزن سطحی و دانه سنجی از ۱۷ نمونه رسوب سیلابی، نقاط تجمع رواناب در مسیر خطوط راه آهن توسط برنامه IFAS محاسبه گردیده است. نتایج نشان داد ٤٧,٢١ کیلومتر از خطوط راه آهن بین ایستگاه‌های طبس تا نمکزار، رباط پشت بادام تا خنج و همچنین قسمتی از رمل تا جندق که دارای ۱۰۷ پل می‌باشد، در معرض سیلاب و آبگرفتگی قرار دارد. ٤٩,٧٥ کیلومتر از این خطوط شامل فاصله بین ایستگاه‌های شیرگشت تا بعد از ده شور و تل حمید تا رباط پشت بادام که دارای ۱۱۱ پل است، در معرض خطر احتمالی سیلاب قرار دارد. خروجی این تحلیل با رواناب به دست آمده از مدل I.C.A.R، مشاهدات میدانی و همچنین شاخص t-Trask ارزیابی شد. تحلیل نتایج به دست آمده گویای این است که خطوط راه آهن شرق در این منطقه از دشت‌های سیلابی عبور نموده و دارای مسیل‌های متعدد و متغیر هستند که این مسیل‌ها هنگام بارندگی توان زهکشی کافی را برای هدایت سیلاب ندارند.

کلید واژه‌ها: سیلاب، راه آهن، دشت لوت، IFAS.

۱ نویسنده مسوول: ۰۹۱۲۱۲٦۳۹٦۸ Email: M-Ghahroudi@sbu.ac.ir

مقدمه

امروزه گزارش‌های متعددی از خسارات سیلاب بر خطوط ریلی و راه آهن در دست است. یکی از اولین گزارش‌ها خسارات سیل راه آهن مربوط به سیلاب رودخانه مدوی[1]درناحیه کنت انگلیس در ۲۰ژانویه سال ۱۸٤٦است. در اثر این سیلاب حرکت ریلی متوقف شده و لوکوموتیوران جان خود را از دست داد (رید[2]،۲۰۰٤: ۲۱۲). از آخرین گزارش‌های مربوط به خسارات سیل در خطوط راه آهن نیز می توان به سیلاب اخیر بانکوک در تایلند اشاره کرد. در اثر بارندگی‌های موسمی مهرماه سال ۱۳۹۰ در شمال و مرکز تایلند، بسیاری از قطعات خطوط راه آهن در این منطقه به زیر آب رفته و همچنین حرکت قطارهااز جنوب به سمت مرکز کشور (بانکوک) متوقف شده ویا بصورت نا منظم انجام شده است. متأسفانه در کشور ما نیز سیلاب ها گاهی اوقات باعث تخریب بخشی از خطوط راه آهن و توقف حرکت آن شده است. از جمله آخرین موارد آن می توان به سیلاب تیرماه سال ۱۳۸۹ اشاره کرد که سه قطعه از مسیر ریلی تهران – مشهد در محدوده ۲۰کیلومتری ایستگاه های بسطام تا گیلان در شهرستان شاهرود بر اثر سیل تخریب گردیده است.

خطوط راه آهن ایران بویژه در قلمرو مناطق خشک از پدیده سیلاب به طور سالانه خسارت می‌بینند. همچنین به دلیل عدم وجود جریان پایه،سیلاب‌های نواحی خشک ونیمه خشک معمولاً کوتاه مدت بوده و تحت تاثیر شدت بارش می‌باشند.خشکی بستر رودخانه، هموار بودنزمین و عدم وجود پوشش گیاهی سبب می‌شود که آبراهه ها به طور فصلی و سالانه تغییر بستر دهند. این تغییرات بستر، تخریب پل های راه آهن، ریزش خاکریز ها، گرفتگی پل توسط رسوبات و بالاآمدگی آب و در نتیجه سبب تخریب خطوط ریلی می‌شود که هر سال بخشی از سازهای خطوط ریلی را دچار خسارت می‌نماید؛ لذاپیش بینی وقوع سیل در می‌تواند تا اندازه زیادی خسارت وارده را کاهش دهد. انگلستان از جمله کشورهایی است که شبکه راه آهن آن به دلیل عبور از مسیرهایی با توپوگرافی پایین، رودخانه هایی متعددی را قطع می‌کنند، از این رو به صورت مداوم در معرض خطر سیلاب از نوع آبگرفتگی، فرسایش و آبشستگی قطعات خط و پلها و آبروهای قرار دارند. اولین استاندارد "مدیریت ریسک فرسایش و سیلاب در خطوط ریلی" توسط گروه استاندارد خطوط آهن انگلستان با کد(٥١٤٣GC/RT) وکد(٥١٥١GC/RT) در سال ۱۹۹٥و ۱۹۹٦منتشر گردید. ویرایش دوم این استاندارد با تجدید نظر و اضافاتی و با همان کد در آوریل سال ۲۰۰٤ منتشر شده است و در استاندار ۲۰۰٥ استفاده از سیستم های هشدار سیلاب در نظر گرفته شده است.وجود مشکلاتی از قبیل افزایش یا کاهش سریع دبی رودخانه، حمل مقدار زیاد رسوب، تغییر سطوح مقطع رودخانه، عدم وجود مقاطع کنترل و ناگهانی بودن بارش‌ها، امکان اندازه‌گیری جریان‌های مازاد توسط ایستگاه‌های آبسنجی در

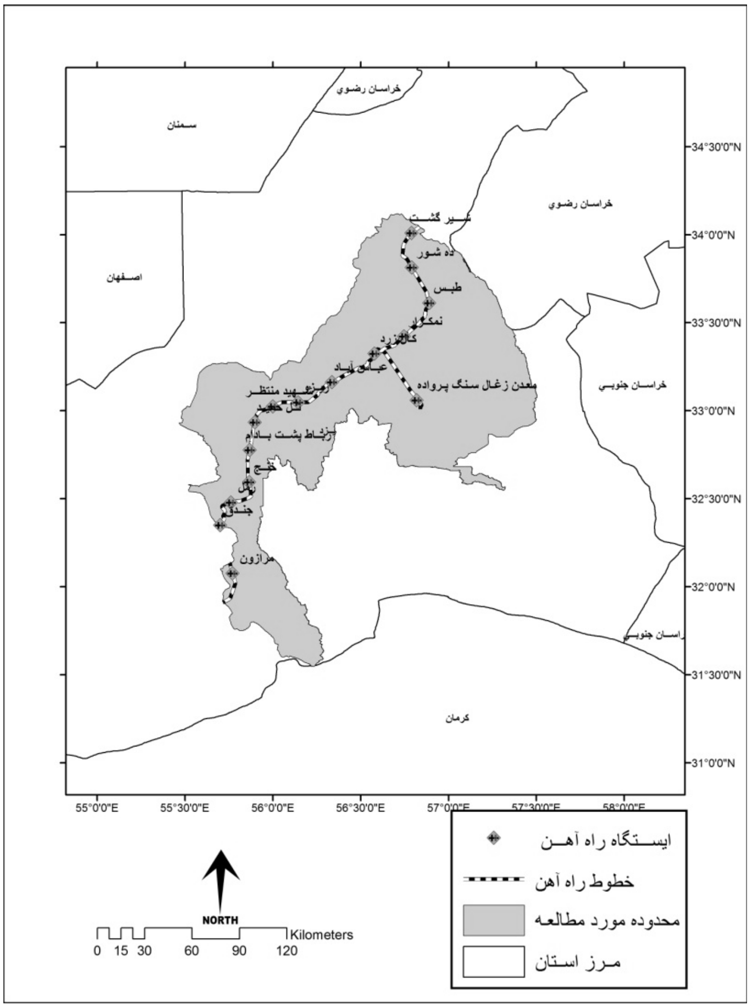
1 Medway
2 Reed

نواحی خشک را فراهم نمی سازد و از طرفی توسعه سیستم های یکپارچه تحلیل سیل به منظورکاهش مخاطره سیلاب و به حداقل رساندن صدمات انسانی در کشورهای مختلف، بویژه در مناطقی که رودخانه ها اصلاح بستر می‌شوند ، ضرورت دارد. همچنین مشکلات کشورهای در حال توسعه در خصوص این سیستم ها شامل، راه اندازی ایستگاه های نظارت و نگهداری تجهیزات مربوط به سیستم‌های پیش بینی و هشدار است، زیرا این سیستم ها نیاز به جمع آوری داده باران در قسمت علیای رود و دسترسی به داده های به هنگام دارد. استفاده از مشاهدات ماهواره ای EOS[1]، محاسبه رواناب و پیش بینی سیلاب بدون مشاهدات زمینی، امکان ایجاد سیستم پیش بینی و هشدار سیل را فراهم می‌سازد. اگر چه در استفاده از این داده مشکلاتی مانند عدم کفایت ایستگاه اندازه گیری، میزان باران بویژه دراقلیم خشک ایران و رژیم نامنظم بارندگی، در ایران وجود دارد، لیکن استفاده از داده توپوگرافی، زمین شناسی ،خاک، کاربریزمین و مدل های مناسب پیش بینی و هشدار سیل، توجه به ایجاد چنین سیستم هایی را امیدوار کننده می‌نماید(رید، ۲۰۰٤).در این پژوهش به منظور بررسی آسیب پذیری خطوط ریلی شمال دشت لوت در مقابل سیلاب، از سیستم های یکپارچه تحلیل سیل (IFAS[2]) تهیه شده توسط مرکز بین المللی مخاطرات آبی و مدیریت ریسک با همکاری یونسکو (ICHARM) و(PWRI) و داده های رقومی ماهواره ای وبرداشت شده در ایران استفاده شده است.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، بخش شمالی حوضه آبریز دشت لوت در استان یزد است. طول خطوط راه آهن موجود در این منطقه ۳٥٦,۳۷ کیلومتر است و در حوضه ای با مساحت. ۲۰۲٥۱,۹۸ کیلومتر مربع قرار دارد (شکل ۱) .از نظر توپوگرافی دشت لوت، ناحیه نسبتا کم ارتفاع و وسیعی در ایران است که شمال و شمال غرب آن را کوه های کم ارتفاع ، پراکنده و اراضی تپه ماهوری قرار دارد. جنوب، جنوب‌غرب و مغرب آن را کوه هایی با قلل مرتفع در بر گرفته است. میانگین ارتفاع این دشت ٥۰۰ متر است و شبکه راه آهن از ناحیه کم شیب و زمین های شور شمال آن عبور می‌کند(شکل۲) وروند تغییر ارتفاع از اطراف حوضه به سمت خطوط راه آهن است.این محدوده شبکه دائمی ندارد و شبکه آبراهه ها فصلی و اتفاقی رواناب بخش شمالی و غربی را به سمت خطوط راه آهن هدایت می‌کند و همچنین شبکه زهکشی اتفاقی در این منطقه به وسیله ۹۳۰ پل از خطوط راه آهن می‌گذرد. به طورکلی تعداد مسیل‌ها در این محدوده زیاد است وسالانه تغییر بستر می‌دهند و بنابراین کنترل رواناب در این منطقه مشکل است(جاماب،۱۳۷۸).

1 Earth Observation Satellites
2 Integrated Flood Analysis System



شکل ۱ موقعیت محدوده مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از برنامه IFAS استفاده شده است و این برنامه داده های خود را از سایت های جهانی برداشت می‌کند، منابعی که مورد استفاده قرار گرفت، شامل موارد زیر است:

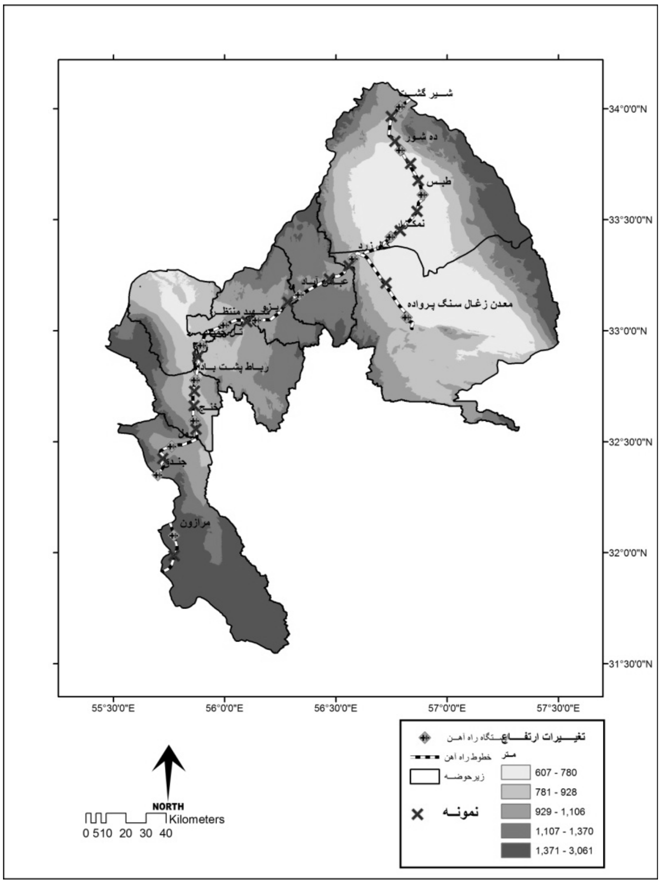
۱- بارندگی ساعتی از سایت GSMaP[1] با پیکسل‌های ۰٫۱ درجه(یوشیو[2] و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۵۱-۱۳۷)

۲- داده ارتفاعی از سایت GTOPO30[3] با بزرگنمایا کیلومتر(سازمان زمین شناسی آمریکا ۱۹۹۳). برای افزایش تفکیک مکانی اطلاعات فوق با داده توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، و داده ارتفاعی ASTER با پیکسل ۳۰ متری جایگزین شده است.

1 Global Satellite Mapping of Precipitation
2 Ushio
3 Global 30 Arc Second Elevation Data Set

۳- اطلاعات کاربری مورد نیاز از سایت land-use GLCC(USGS)، که با بزرگنمایی ۱ کیلومتر در سال ۲۰۰۰ تهیه شده است (لاولند، ۱۹۹۹: ۱۰۳۲-۱۰۲۱).

٤- اطلاعات مربوط به هیدرولوژی و شبکه زهکشی از بخش هیدرولوژی، موجود در سایت ناسا[1] با پیکسل ۳۰ ثانیه.

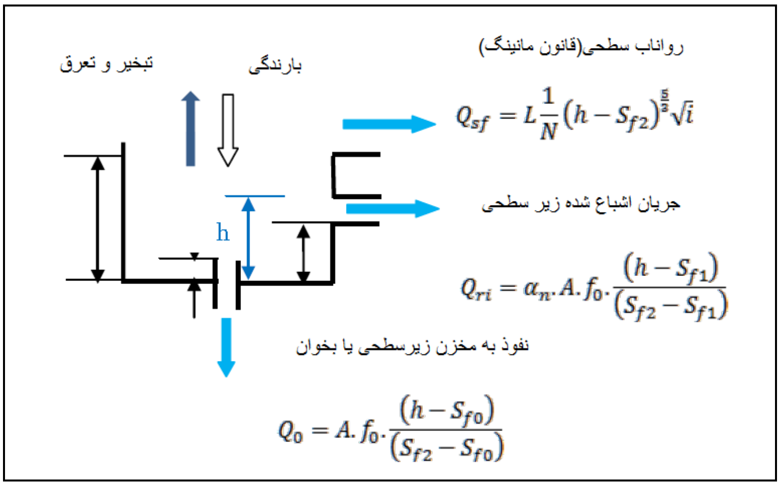


شکل ۲ تغییرات ارتفاع و نمونه ها در محدوده مورد مطالعه

این پژوهش در دو مرحله انجام شده است: در مرحله اول از مدل مخزن سطحی[2]، از سری مدل های توزیعی هیدرولوژیکی[3]،در برنامه IFASاستفاده شده است(آبوت ورفسگارد[4]، ۱۹۹٦). مدل مخزن سطحی شامل نسبت بارش به سطح زمین ، متوسط سرعت و جریان نفوذی است (شکل۳). در این شکل خروجی‌های سمت راست، نشان دهنده سطح، سرعت متوسط و جریان نفوذ زمین است. در این مدل نسبت

1 Hydro (NASA) Spatial resolution
2 Surface TankModel
3 Distributed hydrological modeling
4 Abbott andRefsgaard

سطح زمین به سطح اشباع شده از جریان به عنوان یک کسر (۳/۵) از ظرفیت ذخیره سازی را بر اساس قانون مانینگ[1] برآورد شده است.در اسفند ماه ۱۳۹۰ خطوط ریلی مورد نظر با همکاری مرکز تحقیقات راه آهن، به مدت ۳ روز مورد بازدید و نمونه برداری قرار گرفت. برای محاسبه ضریب زبری مانینگ[2] درمسیل ها و آبراهه ها،نمونه برداری در۱۷نقطه در مسیر قطار از مواد بستر آبراهه ها که در تقاطع با ریل بودند دانه سنجی شد. براساس قطر ذرات ۵۰ درصد(D50) کانال ها به ۸ طبقه تقسیم شدند و ضریب زبری بر اساس روش آلدریج[3] و گارت[4] برای آنها محاسبه شد(آلدریج و گارت، ۱۹۷۳؛ بارنز[5]، ۱۹٦۷) (جدول ۱). جریان زیر سطحی سریع اشباع نشده نیز به عنوان بخشی از ظرفیت ذخیره سازی ومیزان نفوذ نیز به عنوان یک بخشی از همان ظرفیت بر اساس قانون دارسی برآورد گردید (سوگاوارا[6] و همکاران، ۱۹۸۳: ۲٤۷-۱٦۳؛ فلدمن[7]، ۲۰۰۰؛ لایمرینوس[8]، ۱۹۷۰).



شکل۳ شماتیک مدل جریان سطحی(کتاب راهنمای ساختار سیستم**IFAS**، ۲۰۱۱: ۱۳)

اجزای مدل مزبور شامل Rبارندگی ، Epsتبخیر،Q0نفوذ به مخزن پایین تر،Qsfجریان سطحی،Qriجریان زیر سطحی اشباع نشده، hارتفاع آب مخزن،Sf2 و Sf1ارتفاع آب مخزن زیر سطحی اشباع نشده،Sf0ارتفاع نفوذ آب و A = L*L طول شبکه مش برای برآورد مساحت می‌باشد.

1 Manning’s law
2 Manning's Roughness Coefficients
3 Aldridge
4 Garrett
5 Barnes
6 Sugawara
7 Feldman
8 Limerinos

جدول ۱ ضریب زبری مانینگ(آرسمنت و اشنیدر[1]، ۱۹۸۶: ۳۹–۲۷)

اندازه مواد به میلی متر در D50	ضریب زبری مانینگ	نمونه
۰,۲	۰,۰۱۲	
۰,۳	۰,۱۷	
۰,٤	۰,۲۰	
۰,٥	۰,۲۲	
۰,٦	۰,۲۳	
۰,۸	۰,۲٥	
۱–۲	۰,۰۲٥–۰,۰۳۲	
۲–٦٤	۰,۰۲٦–۰,۰۳٥	

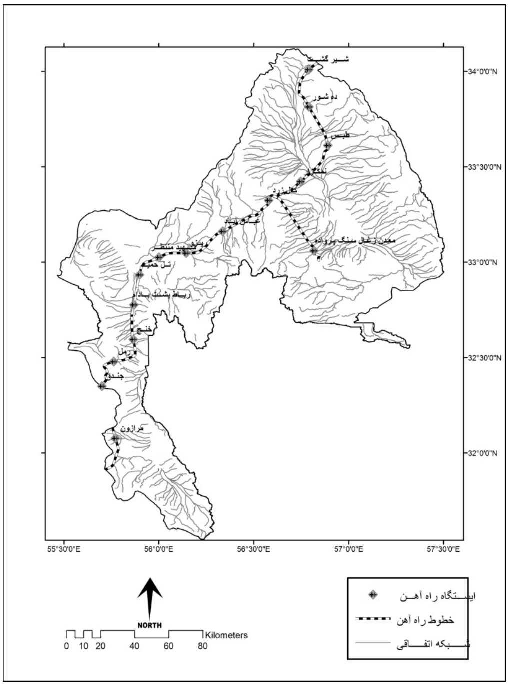
1 Arcement, and Schneider

در مرحله دوم برای ارزیابی نتایج مرحله اول از روش انجمن تحقیقات کشاورزی هندوستان[1] (I.C.A.R) استفاده شده است. که معادله آن به شرح زیر است.

رابطه (۱)

$$R = \frac{P^{1.44} * A^{0.63} * \Delta H^{0.66}}{15.19 * Ff^{2.05} * La^{2.05} * T^{1.34}}$$

P و R به ترتیب بارش و رواناب سالانه بر حسب سانتی‌متر، A مساحت حوضه آبریز بر حسب کیلومتر مربع، ΔH حداکثر اختلاف ارتفاع حوضه بر حسب متر،Ff فاکتور شکل حوضه آبریز،T درجه حرارت متوسط سالانه بر حسب سلسیوس و La طول آبراهه اصلی بر حسب کیلومتر است(تولسون و شومیکر[2]، ۲۰۰۰). در این پژوهش مدل I.C.A.R به این منظور استفاده شده است که رواناب در این مدل تابع شرایط فیزیوگرافی و بارش است. با تعیین چارچوب مختصاتی شمال لوت بر اساس طول و عرض جغرافیایی داده ارتفاعی از سایت GTOPO30 استخراج و با با داده توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، و داده ارتفاعی ASTER با پیکسل ۳۰ متر گردید و در نتیجه عناصر زهکشی مانند خط القعر ها، شبکه مسیل ها و زیر حوضه ها با استفاده از داده های فوق تهیه شد(شکل ٤). سپس داده مربوط به کاربری از سایت GLCC(USGS) برداشت گردید(شکل۵). بیشتر مساحت حوضه لوت از مناطق پست بیابانی تشکیل شده است و بخش اندکی به سایر کاربری ها اختصاص دارد. لایه های بارندگی از سایت cover-area QMORPH,CMORPH(NOAA) که در محدوده ٦۰ درجه عرض شمالی و جنوبی استخراج گردید. سپس مدل جریان سطحی اجرا شد. خروجی آنالیز برای هرنقطه از خطوط ریلی با مشاهدات میدانی در اردیبهشت ۱۳۹۱ ارزیابی گردید.

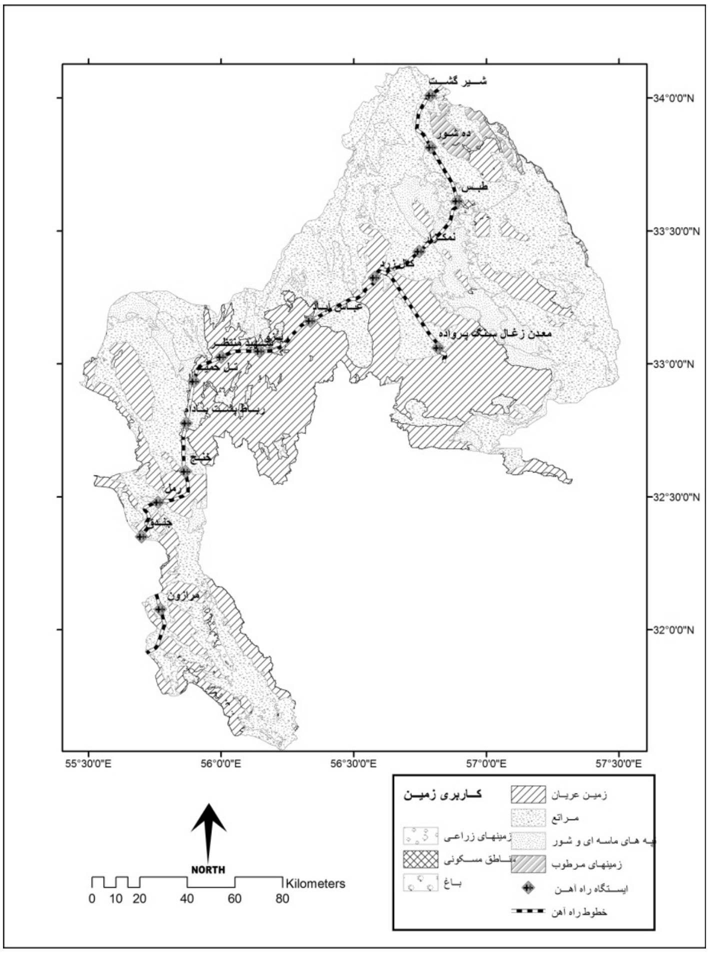


شکل ٤ شبکه زهکشی مستخرج از برنامه **IFAS**

1 Indian Council of Agriculture Research (I.C.A.R)
2 Tolson and Shoemaker

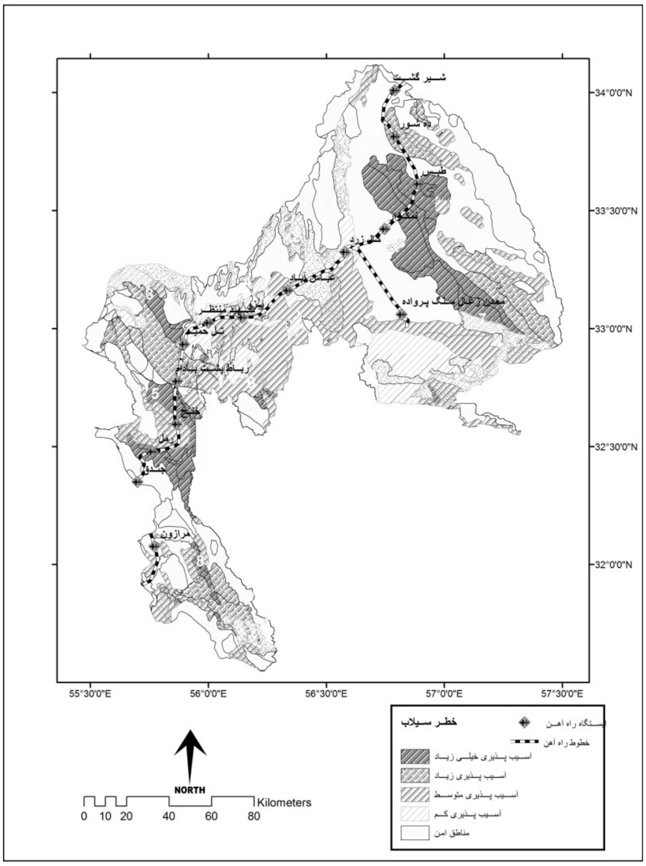
بحث و نتایج

خروجی برنامه IFAS نشان داد که ازکل خطوط راه آهن مورد مطالعه که ۳٥٦,۳۷ کیلـومتر اسـت، مقـدار ٤۷,۲۱ کیلومتر آن بین ایستگاه های طبس تا نمکزار، رباط پشت بادام تا خنج و همچنین قـسمتی از رمـل تـا جندق که دارای ۱۰۷ پل است، در معرض سیلاب و آبگرفتگی هستند. ٤۹,۷٥ کیلومتر از ایـن خطـوط شـامل فاصله بین ایستگاه های شیرگشت تا بعد از ده شور و تـل حمیـد تـا ربـاط پـشت بـادام کـه دارای ۱۱۱ پـل می‌باشد، در معرض خطر احتمالی سیلاب قرار دارند (شکل ٦). مقایسه خروجی اخیر بـا روانـاب بـه دسـت آمده از مدل I.C.A.R نشان داد منطقه پرخطر دارای حداکثر ارتفاع رواناب می‌باشد که جمـع ارتفـاع روانـاب سالانه بیشتر از ۱۰۰ سانتی متر است (شکل ۷). حجم رواناب سالیانه در این مناطق از آن جهت زیاد است که رژیم باران آنها یکنواخت نیست و باران سالیانه خود را به صورت فصلی یا اتفاقی دریافت می‌کنند.



شکل ۵ داده‌های کاربری مستخرج از **GLCC(USGS)**

مشاهدات میدانی در مناطق پرخطر بین ایستگاه طبس تا نمکزار سیل بردگی های متعدد را نشان دادند. شکل ۸ بعـد از ایستگاه طبس را نشان می‌دهد که دارای بستری از لایه های رسـوبی، بـویژه مـارن و کنگلـومرا اسـت. ایـن منطقـه دارای توپوگرافی تپه ماهوری است و دارای مواد سست و منفصل فراوان است که آثار سیل بردگی در آن قابل مشاهده است.



شکل ٦ نقاط بحرانی تجمع رواناب استخراج از برنامه **IFAS**

نتیجه گرانولومتری این آبراهه نشان داد میانه قطر دانه ها(D50)-حدود ۲ میلی متر است که بیانگر قدرت سیلاب در این منطقه است. شکل ۹ و شکل ۱۰ ادامه خطوط راه آهن را تا ایستگاه نمکزار و آثار سیلاب در ماه فـروردین سـال ۱۳۹۱ را نشان می‌دهد. همچنین بین ایستگاه های رباط پشت بادام تا خنج و رمل تا جندق شواهد متعددی از سیل بردگی ملاحظـه شد که شکل ۱۱ بیانگر نمونه ای از آن است. نتیجه گرانولومتری این آبراهه نشان داد D50در این بستر حدود ۱,۳ میلی متر است که حاکی از شدت سیلاب است. در سیلاب هنگام رسوبگذاری، مواد جامد از سیال براسـاس جـور شـدگی جـدا می‌شوند و در نتیجه دارای مرزهای مشخص و لایه دار می‌باشند. نتایج آزمایش گرانولومتری نمونه ها در مقیاس فـی $\varnothing$ بـه صورت منحنی تجمعی[1]ترسیم گردید. بین مقیاس میلی متریD و لگاریتمی $\varnothing$ رابطه ۲ برقرار است. ذرات درشت(بـا فـی

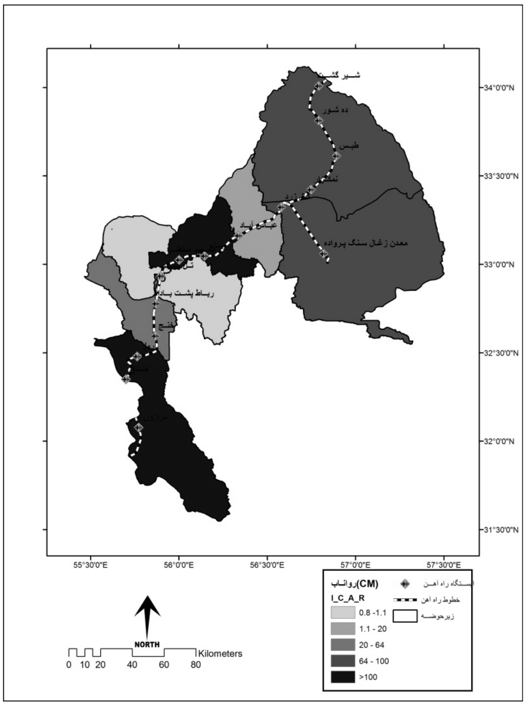
1 Cumulative curve

کمتر) در سمت چپ نمودار و ذرات ریز با فی بیشتر در سمت راست محور x قرار می‌گیرند. در این حالت منحنی، بسته به منشاء رسوبی تفسیر می‌گردد. منحنی‌های به دست آمده در نمونه‌ها به شکل را لگاریتمی[1] می‌باشد. شکل ۱۲ دو نمونه مربوط به طبس و بین ایستگاه‌های رمل و جندق را نشان می‌دهد. در این شکل منحنی‌ها در بخش رسوبات ریز به درشت دارای شیب تند می‌باشد؛ بدین معنا که انرژی به صورت پیوسته بالا بوده و رسوبات جورشدگی دارند (لوویس[2] و مک کونچی[3]، ۱۳۸۲: ۱۱۲-۱۱۰).

رابطه ۲
$$-log_2 D = (-3.219 log_{10} D) = \emptyset$$

برای تشخیص رسوبات سیلابی از سایر رسوبات از شاخص t-Trask استفاده شد این شاخص که براساس رابطه ۳محاسبه می‌شود، برای رسوبات ناشی از سیلاب‌ها بین ۱٫۸ تا ۲٫۷ در تغییر است(کوستا و فلیشر، ۱۹۸٤). بازه شاخص فوق برای ۱۷ نمونه برداشت شده بین ۲٫٤۵-۲ می‌باشد(قهرودی، ۱۳۹۱)، که بیانگر این است رسوبات تجمع یافته در زیر پل‌ها توسط سیلاب منتقل شده است.

رابطه۳
$$So = \sqrt{\frac{d_{75}}{d_{25}}}$$



شکل ۷ توزیع رواناب

---
1 Logarithmic
2 Lewis
3 McConchie



شکل۸ آبشستگی بستر در پل کیلومتر ۲۰۰+٦٦۷ در مسیر شادمهر به تربت حیدریه



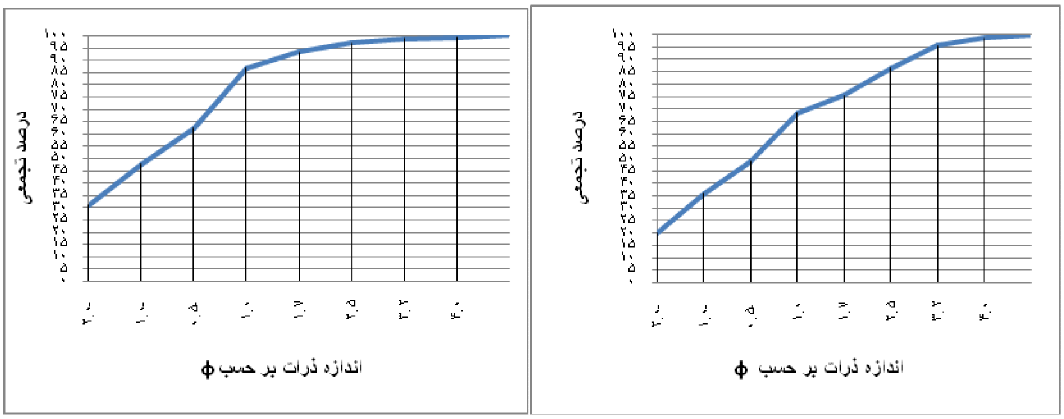
شکل۹ آبشستگی بستر در پل کیلومتر ۲۰۰+٦٦۷ در مسیر شادمهر به تربت حیدریه



شکل ۱۰ تجمع آب در زیر پل کیلومتر ۱۰۰+۳۲۱ از نمکزار به طبس



شکل ۱۱ فرسایش شدید در کنار ریل راه آهن کیلومتر بعد از ایستگاه رمل کیلومتر ۱٤۵



شکل۱۲ نمودار (درصد تجمعی اندازه ذرات بر حسب **φ**)، سمت راست در پل بعد از ایستگاه طبس و سمت چپ بین ایستگاههای رمل و جندق

نتیجه‌گیری

منطقه مورد مطالعه در مسیر راه آهن شرق کشور قرار دارد که در حمل و نقل ریلی کشور اهمیت بسزایی دارد. این ناحیه که جزو مهم‌ترین بخش‌های شبکه راه آهن ایران است، در هنگام بارندگی به دلایل متعددی خسارت می‌بینند. این خسارت شامل رسوبگذاری سیلاب در مسیر خط راه آهن، خطر تخریب پی در مسیر ریل، ایجاد اختلال در رفت آمد قطار، احتمال خطرات جانی ایجاد شده در مسیر و گاهی بسته شدن مسیر ریلی می‌باشد. در بعضی مناطق مواردی نظیر تغییر بستر، ساخت ابنیه و ایجاد باغات سبب می‌شود رواناب

سطحی از مسیر زهکشی طبیعی منحرف می‌گردد و در مسیر دیگری جاری می‌شوند. برای شناخت پدیده سیل خیزی و خسارت آفرینی مسیل‌های این حوزه و تعیین شبکه ریلی آسیب پذیر از برنامه IFAS که داده های خود را از ماهواره های مختلف برداشت می‌کند، استفاده گردیده است. سپس با استفاده از نقشه‌های پایه و مشاهدات میدانی بخشی از اطلاعات برنامه جایگزین شده است و نقاط آسیب پذیر در منطقه بررسی شده است. تحلیل نتایج به دست آمده گویای این است که بخش شمال دشت لوت که خطوط راه آهن شرق از آن می‌گذرد، به دلیل واقع بودن در منطقه خشک، با پدیده عدم توزیع یکنواخت باران مواجه است، بطوری‌که گاهی باران یکسال خود را در ۲ ساعت دریافت می‌کند و این سبب گستردگی سیلاب‌هایی می‌شود که عدم وجود پوشش گیاهی و وجود مواد منفصل بر سرعت و حجم آن می‌افزاید. مشاهدات میدانی نشان داد که خطوط راه آهن در این منطقه از دشت‌های سیلابی عبور نموده که دارای مسیل‌های متعدد می‌باشد. این مسیل‌ها مسیر ثابتی ندارند و در اثنای هر بارندگی تغییر بستر می‌دهند. این تغییر بستر سبب شده است که هنگام بارندگی توان زهکشی آبراهه ها کاهش یابد و هجوم آب به پل‌ها بصورت اریب انجام شود و در نتیجه پایه های پلها در معرض تخریب سیلاب قرار گیرد، شکل ۸ و ۹ گویای تازگی بستر مسیل است. نتایج آزمایش گرانولومتری نمونه‌ها در مقیاس فیϕحاکی از قدرت سیلاب و بالا بودن انرژی آب می‌باشد و همچنین شاخص Trask-نیز سیلابی بودن رسوبات را نشان داد. شکل ۱۰ عبور ریل از محدوده پلایا مانند را نشان می‌دهد که دارای املاح ریز دانه فراوان است و دچار فرسایش سطحی و شیاری شدید است. حجم رسوباتی که سیلاب به حرکت در می‌آورد زیاد است؛ لذا تجمع رسوبات در زیر پل‌ها سبب می‌شود که پل‌ها دچار آبگرفتگی شده و خطوط ریل صدمه ببیند. شکل۱۰ تجمع سیلاب را در زیر پل نشان می‌دهد که به دلیل حجم زیاد مواد رسوبی وگرفتگی پل، امکان زهکشی وجود ندارد.

References

Abbott, M.B. Refsgaard J.C., 1996. "Distributed hydrological modeling". Springer, 321p.

Aldridge, B.N., and Garrett, J.M., 1973. Roughness coefficients for stream channels in Arizona:U.S. Geological Survey Open-File Report, 87 p.

Arcement, George and Schneider, Verne., 1989. Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains. U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2339.

Barnes, H.H., Jr., 1967. Roughness characteristics of natural channels:U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1849, 213 p.

British Railway Group Standard (GC/RT5143). Issue One (November 1995) "Scour and Flooding- Managing the Risk".

British Railway Group Standard (GC/RT5143). Issue Two (April 2004) "Flooding, Scour, Wave and Tidal Action – Managing the Risk".

British Railway Group Standard (GC/RT5151). Issue One (January 1996) "Safe Asset Management - Embankments and Cuttings".

British Rail Safety & Standards Board, Safe Management of Railway Structures (July 2005) “Flooding & Scour Risk”.

Costa, J. & P.J, Fleisher., 1984. Physical geomorphology of debris flows. Development and applications of geomorphology, Springier-Verlog, 268-311.

Feldman, A. D., 2000. Hydrologic Modeling System HEC-HMS, TechnicalReference Manual. U.S. Army Crops of Engineers, Hydrologic EngineeringCenter, HEC, Davis, CA, USA.

Fukami,K., Sugiura, T., Magome, J., Kawakami, T., 2009. 'Integrated Flood Analysis System" (IFAS version 1.2) User’s manual Automatic Analysis/Flood Forecasting System Operation Manual.

Ghahroudi, T.M., 2012. "Study and Survey of Flood Risk and Eliminate the risk of being flooded in the East of Iran (between Bafgh – Kashmar)" Report 3. Islamic Republic of Iran Railways.

ICHARM., 2009. IFAS System Instruction Guidebook.

Iran Water & Power Recourses Development CO., 1999. Studies if Lut and DarehAngir Basins".

Limerinos, J.T., 1970. Determination of the Manning coefficient from measured bed roughness in natural channels:U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1898-B, 47 p.

Loveland, T.R., Zhu, Z., Ohlen, D.O., Brown, J.F., Reed, B.C., and Yang, L., 1999. An Analysis of the IGBP Global Land-Cover Characterization Process. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* , v. 65, no. 9, p. 1021-1032.

Louis,D .D.,MacKounchi, D., 2003. "Applied of Sedimentology". Translator: Harami, S.R., mahbubi, A. Iran University Press.

NASA: Advancing Multi-scale Landslide Hazard Prediction by Integrating High Resolution Remote Sensing Data and Subsurface In-situ Monitoring, OU/PI with PI CSM Ning LU and GSFC Dalia Kirschbaum, USGS Jonathan Godt and Richard Wooten, 05/01/2012~04/30/2016

Reed, W.D., 2004. “A review of British railway bridge flood failures”. British Hydrological Society.

Sugawara, M., Watanabe, I., Ozaki, E., and Katsuyama, Y., 1983. Inter-comparison of Conceptual Models of Snowmelt Runoff. Report for the Norkoping conference of the WMO project, pp.163 – 247.

Tolson, B.A. Shoemaker, C.A., 2000."Cannonsville Reservoir Watershed SWAT model development, calibration and validation". Journal of Hydrology. Volume 337, Issues 1-2, 15 April 2007, Pages 68-86.

U.S. Geological Survey., 1993. Digital elevation models. data user guide 5.Reston, Virginia, 50 p.

Ushio, T., Kubota, T., Shige,S., Okamoto, K., Aonashi, K., Inoue, T., Takahashi, N., Iguchi, T., Kachi, M., Oki, R., Morimoto, T., Kawasaki, Z., 2009. A Kalman filter approach to the Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) from combined passive microwave and infrared radiometric data. J. Meteor. Soc. Japan, 87A, 137-151.